

Control of internal combustion engine

Patent number: DE19756919
Publication date: 1998-10-08
Inventor: WILD ERNST (DE); REUSCHENBACH LUTZ (DE); BENNINGER NIKOLAUS DR (DE); KOERNER HENDRIK (DE); HESS WERNER (DE); ZHANG HONG DR (DE); MALLEBREIN GEORG (DE); HOFMANN HARALD VON DR (DE)
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Classification:
- **International:** *F02D11/10; F02D21/08; F02D41/00; F02D41/14; F02D41/18; G01M15/04; F02D11/10; F02D21/00; F02D41/00; F02D41/14; F02D41/18; G01M15/04; (IPC1-7): F02D41/18; F02M25/06; F02M25/08*
- **European:** F02D11/10B; F02D21/08B; F02D41/00D4; F02D41/00F6; F02D41/14B; F02D41/18A; F02D41/18D; G01M15/04D10
Application number: DE19971056919 19971219
Priority number(s): DE19971056919 19971219; DE19971013379 19970401; DE19971040919 19970917

Report a data error here

Abstract of DE19756919

The control system regulates the performance of an internal combustion engine. The partial pressure of the fresh air portion at the gas mass flow (mpab) is registered by setting a mass balance for a fresh gas mass flow, in order to determine the amount of gas filling for an internal combustion engine, fitted with an intake pipe. The partial pressure of the exhaust gas portion at the gas mass flow is determined by setting a mass balance for an exhaust gas mass flow. There may be an assembly with a receiver to take measured values and an electronic computer unit with a control program with the required parameters.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: 197 56 919.6
②2 Anmeldetag: 19. 12. 97
④3 Offenlegungstag: 8. 10. 98

⑥6 Innere Priorität:

197 13 379. 7 01. 04. 97
197 40 919. 9 17. 09. 97

⑦1 Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:

Wild, Ernst, 71739 Oberriexingen, DE;
Reuschenbach, Lutz, 70469 Stuttgart, DE;
Benninger, Nikolaus, Dr., 71665 Vaihingen, DE;
Koerner, Hendrik, 53340 Meckenheim, DE; Hess,
Werner, 70499 Stuttgart, DE; Zhang, Hong, Dr.,
93057 Regensburg, DE; Mallebrein, Georg, 78224
Singen, DE; Hofmann, Harald von, Dr., 38165 Lehre,
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

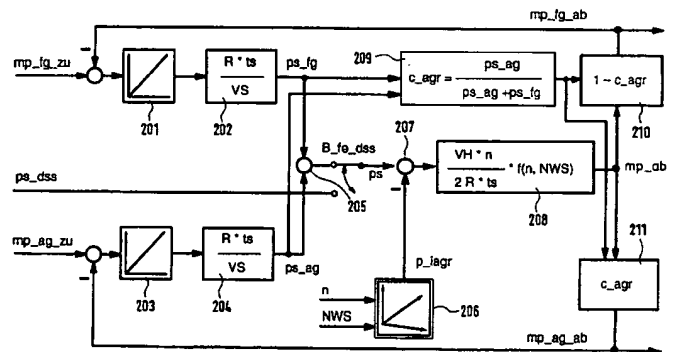
⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung in einem Verbrennungsmotor.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, in einem Verbrennungsmotor die Gasfüllung exakt und zuverlässig zu bestimmen sowie insbesondere den Frischgasanteil an der Gasfüllung zu bestimmen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, wobei der Partialdruck des Frischgasanteils (ps_{fg}) an dem Gasmassenstrom (mp_{ab}) und der Partialdruck des Abgasanteils (ps_{ag}) an dem Gasmassenstrom (mp_{ab}) durch Aufstellen einer Massenbilanz für die jeweiligen Massenströme ermittelt wird, und anschließend das aus dem Saugrohr abströmende Frischgas ($mp_{fg_{ab}}$) an dem Gesamtmassestrom (mp_{ab}) unter Verwendung der Partialdrücke (ps_{fg} , ps_{ag}) berechnet wird.

Die Erfindung ist anwendbar insbesondere auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik.



Beschreibung

Stand der Technik

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors. Die Erfindung ist einsetzbar insbesondere auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik, beispielsweise bei einem Verbrennungsmotor in einem Personenkraftwagen.

10 Übliche Verbrennungsmotoren weisen ein Saugrohr auf, in welchem sich ein Gasgemisch bestehend aus einem Frischgas und einem Abgas befindet. Während des Betriebs des Verbrennungsmotors wird dieses Gasgemisch in die Zylinder-
volumen des Verbrennungsmotors eingesaugt und anschließend verdichtet und verbrannt. Das Volumen des in den Zy-
linder einströmenden Gases, insbesondere der Frischgasanteil dieses Volumens, muß bestimmt werden, um dementspre-
chend die Menge des für die Verbrennung zur Verfügung zu stellenden Kraftstoffs zu bemessen.

15 Die DE 32 38 190 C2 beschreibt ein elektronisches System zum Steuern bzw. Regeln von Betriebskenngrößen einer Brennkraftmaschine. Dabei wird auf der Basis von Drehzahl und Luftdurchsatz im Ansaugrohr der Druck im Ansaug-
rohr bestimmt bzw. auf der Basis der Drehzahl und dem Druck wird der Luftdurchsatz bestimmt.

20 In der Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 197 13 379.7 wird eine Einrichtung zum Bestimmen der in die Zy-
linder einer Brennkraftmaschine mit Lader gelangenden Luft beschrieben. Dieses System berücksichtigt auch die auf-
grund der Ladungsvorgänge zusätzlich auftretenden physikalischen Gegebenheiten. Insbesondere werden die im Saug-
rohr einer Brennkraftmaschine mit Lader ablaufenden physikalischen Vorgänge durch Einbeziehung physikalischer und
strömungstechnischer Zusammenhänge gut erfaßt.

25 Die bekannten Verfahren und Vorrichtungen behandeln das im Saugrohr sich befindliche Gasgemisch einheitlich hin-
sichtlich der Ermittlung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors. Insbesondere wird bei dem Gasgemisch nicht zw-
ischen einem Frischgas-Anteil und einem Abgas-Anteil unterschieden. Hierdurch sind die ermittelten Gasfüllmengen
fehlerbehaftet. Der nichtlineare Zusammenhang zwischen den Meßgrößen und der Zielgröße Füllung pro Hub sowie der
Einfluß der Abgasrückführung werden auf empirische Weise direkt korrigiert. Eine solche Korrektur ist nur stationär ge-
nau. Darüber hinaus wird der variable Zusammenhang zwischen der Gasfüllung und dem Saugrohrdruck nicht berück-
sichtigt, wie er z. B. bei einer aktiven Tankentlüftung oder einer Nockenverstellung auftritt.

30 Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfü-
llung eines Verbrennungsmotors bereitzustellen, welche die vorstehend beschriebenen Nachteile überwindet. Insbeson-
dere soll das Problem gelöst werden, den Frischgas-Anteil an dem befüllten Gasvolumen zu ermitteln. Darüber hinaus
soll die Erfindung eine große Flexibilität hinsichtlich der verwendeten Eingangsgrößen aufweisen. Darüber hinaus soll
das erfindungsgemäße Verfahren robust und zuverlässig ablaufen sowie die zugehörige Vorrichtung kostengünstig in der
Herstellung, Betrieb und Wartung sein.

35 Das Problem wird durch die in den unabhängigen Patentansprüchen offenbarten Verfahren und Vorrichtungen gelöst.
Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Eine Zusammenstellung der in der nachfolgenden Beschreibung und in den Patentansprüchen verwendeten Abkürzungen
findet sich am Ende der Beschreibung.

40 Die vorstehend genannten Probleme werden durch ein Verfahren zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbren-
nungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, gelöst, wobei sich in dem Saugrohr ein Gasgemisch aus einem Frischgas und ei-
nem Abgas befindet, wobei aus dem Saugrohr ein Gasmassenstrom mp_{ab} abströmt und wobei in dem Saugrohr ein
Saugrohr-Druck (ps) herrscht, gekennzeichnet durch die Schritte: Ermitteln eines Partialdrucks des Frischgas-Anteils
 ps_{fg} an dem Gasmassenstrom mp_{ab} durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom mp_{fg} ,
und Ermitteln eines Partialdrucks des Abgas-Anteils ps_{ag} an dem Gasmassenstrom mp_{ab} durch Aufstellen einer Mas-
senbilanz für einen Abgas-Massenstrom mp_{ag} . Unter dem Aufstellen der Massenbilanz ist hierbei insbesondere die
zeitliche Ableitung der allgemeinen Gasgleichung

$$m \times R \times T = p \times V$$

zu verstehen. Damit ergibt sich für die Massenbilanz für den Frischgas-Anteil:

$$\begin{aligned} 50 \quad mp_{fg} &= mp_{fg_zu} - mp_{fg_ab} = \frac{d}{dt} (m_{fg}) \\ &= \frac{d}{dt} (ps_{fg} \times VS \times \frac{1}{R \times TS}) \end{aligned}$$

Entsprechend gilt für die Massenbilanz für den Abgas-Anteil:

$$\begin{aligned} 60 \quad mp_{ag} &= mp_{ag_zu} - mp_{ag_ab} = \frac{d}{dt} (m_{ag}) \\ &= \frac{d}{dt} (ps_{ag} \times VS \times \frac{1}{R \times TS}) \end{aligned}$$

65 Diese getrennte Bilanzierung von Frischgas und Abgas bietet den Vorteil, daß das befüllte Frischgasvolumen exakt be-
rechnet werden kann. Dadurch ist vorteilhaft eine exakte und zuverlässige Bestimmung der zuzuführenden Kraftstoff-
menge möglich. Dies erlaubt einen umweltschonenden und energiesparenden Betrieb des Verbrennungsmotors. Dadurch

werden die Betriebskosten des Verbrennungsmotors reduziert und die Lebenserwartung des Verbrennungsmotors erhöht. Weiterhin ist vorteilhaft, daß auch bei verschiedenen Konfigurationen des Verbrennungsmotors, beispielsweise mit oder ohne Abgasrückführung, mit oder ohne Aufladung, usw., eine genaue Bestimmung der zuzuführenden Brennstoffmenge ermöglicht wird.

In einer besonderen Ausführungsart der Erfindung berechne das Verfahren den Saugrohr-Druck p_s aus der Summe des Partialdrucks des Frischgas-Anteils p_{s_fg} und des Partialdrucks des Abgas-Anteils p_{s_ag} . Diese Berechnung erfolgt durch die Addition:

$$p_s = p_{s_fg} + p_{s_ag}.$$

Diese Berechnung des Saugrohrdrucks p_s bietet den Vorteil, daß ein eventuell zusätzlich gemessener Wert für den Saugrohrdruck anhand des berechneten Wertes überprüft werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der Saugrohrdruck auf diese Weise ohne den zusätzlichen Aufwand eines Druck-Meßwertaufnehmers bestimmt werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der Saugrohrdruck auf diese Weise auch bei einem Ausfall eines vorhandenen Druck-Meßwertaufnehmers bestimmt werden kann.

Eine besondere Ausführungsart der Erfindung ermittelt den Saugrohr-Druck p_s unter Verwendung eines entsprechenden Meßwertaufnehmers. Als Meßwertaufnehmer kommen dabei beliebige, handelsübliche Druck-Meßwertaufnehmer in Frage, insbesondere Dehnungsmeßstreifen, Membran-Drucksensoren oder resonante Drucksensoren. Der Druck kann direkt oder indirekt über ein Zwischenmedium bestimmt werden. Das vom Druck-Meßwertaufnehmer gelieferte Signal kann durch entsprechende Beschaltung noch aufbereitet werden, beispielsweise kann eine Temperaturkompensation oder ein Offset-Abgleich vorgesehen sein. Die Ermittlung des Saugrohr-Drucks p_s unter Verwendung eines Meßwertaufnehmers bietet den Vorteil, daß der Saugrohr-Druck p_s damit sehr genau bestimmt werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der mittels der Partialdrücke berechnete Saugrohr-Druck mittels des gemessenen Saugrohr-Drucks überprüft und ggf. korrigiert und die Berechnung kalibriert werden kann.

Eine besondere Ausführungsart der Erfindung ermittelt aus dem Saugrohr-Druck den Gasmassenstrom mp_{ab} . Diese Ermittlung erfolgt unter Berücksichtigung der Drehzahl n des Verbrennungsmotors sowie einer ggf. vorhandenen Nockenwellenverstellung NWS des Verbrennungsmotors, woraus ein Korrekturwert p_{iagr} der internen Abgasrückführung berücksichtigt wird. Insbesondere ist es damit möglich, den aus dem Saugrohr abströmenden Gasmassenstrom mp_{ab} gemäß der Gleichung

$$mp_{ab} = (p_s - p_{iagr}) \times K$$

zu bestimmen.

Bei dem Wert K handelt es sich dabei um eine Berechnungskonstante, in welche die Pumpengleichung eingeht und ggf. Pulsationseffekte eingehen, die empirisch ermittelt wurden. Diese Berechnung des Gasmassenstroms mp_{ab} hat den Vorteil, daß sie auch ohne die Bereitstellung eines gemessenen Saugrohrdruckes möglich ist, allein auf der Grundlage der berechneten Partialdrücke. Dies ermöglicht eine kostengünstige und zuverlässige Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird der aus dem Saugrohr abströmende Frischgas-Anteil mp_{fg_ab} an dem Gasmassenstrom mp_{ab} unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils p_{s_fg} , des Partialdrucks des Abgas-Anteils p_{s_ag} und des Gasmassenstroms mp_{ab} berechnet. Hierzu wird zunächst ein Anteilsfaktor c_{agr} eingeführt, der sich wie folgt berechnet:

$$c_{agr} = \frac{p_{s_ag}}{p_{s_ag} + p_{s_fg}}$$

Zur Bestimmung des Frischgas-Anteils an diesem Massenstrom wird davon ausgegangen, daß die Aufteilung der Massenströme in den Zylinder (Frischgas und Abgas) analog zur Aufteilung der Partialdrücke erfolgt. Demnach berechnet sich der aus dem Saugrohr abströmende Frischgas-Massenstrom mp_{fg_ab} zu:

$$mp_{fg_ab} = (1 - c_{agr}) \times mp_{ab}.$$

Entsprechend gilt für den aus dem Saugrohr abströmenden Abgas-Massenstrom mp_{ag_ab} :

$$mp_{ag_ab} = (1 - c_{agr}) \times mp_{ab}.$$

Es ist vorteilhaft, daß durch diese einfache und zuverlässige Berechnung sowohl der Frischgas-Anteil als auch der Abgas-Anteil an dem aus dem Saugrohr abströmenden Gasmassenstrom bestimmt werden kann. Durch die getrennte Erfassung von Frischgas- und Abgas-Anteil ist es möglich, den Verbrennungsmotor umweltschonend und energiesparend jeweils in seinem optimalen Arbeitspunkt zu betreiben.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird die relative Frischgas-Füllung r_l des Verbrennungsmotors unter Verwendung des Frischgasanteils mp_{fg_ab} sowie permanenter MLTHZ und transienter n_{mot} , ZYLZA Motordaten berechnet. Die Berechnung der relativen Frischgas-Füllung r_l hat den Vorteil, daß die Kraftstoff-Zuführung immer aufgrund aktueller Motordaten erfolgen kann, beispielsweise aufgrund der momentan in Betrieb befindlichen Anzahl der aktiven Zylinder des Motors. Dadurch wird die Kraftstoff-Einsparwirkung und die Umweltverträglichkeit während des Betriebs des Verbrennungsmotors weiter erhöht sowie dessen Lebenserwartung und Leistungsvermögen weiter verbessert.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird eine aus der Bernoulli-Gleichung abgeleitete Funktion für die Berechnung eines Gasmassenstroms über eine Drossel angewandt, wobei der Druck nach der Drossel jeweils dem Saugrohr-Druck p_s entspricht. Dies hat den Vorteil, daß wahlweise einige der prinzipiell geeigneten Meßgrößen verwendet werden können und die jeweils nicht verfügbaren Größen mittels dieser abgeleiteten Funktion berechnet werden können. Dies erlaubt eine große Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens sowohl bei der vorrichtungstechnischen Realisierung dieses Verfahrens als auch während des Betriebs eines solchen Verfahrens. Darüber hinaus wird durch diese Flexibilität der Konfiguration auch die Betriebssicherheit des erfindungsgemäßen Verfahrens erhöht.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung werden auch Gasflüsse über einen Leerlaufsteller mp_{lls} , Gasflüsse über ein Tankentlüftungsventil mp_{tev} , Gasflüsse über ein Abgasrückführventil mp_{agr} und bei einem aufgeladenen Verbrennungsmotor auch der Ladedruck p_{ld} bei der Bestimmung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors berücksichtigt. Dies hat den Vorteil, daß die Genauigkeit der ermittelten Frischgasfüllung des Verbrennungsmotors weiter erhöht wird und somit die vorstehend genannten Vorteile verstärkt auftreten.

Die Lehre der vorliegenden Erfindung umfaßt auch eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei die Vorrichtung Meßwertaufnehmer und elektronische Rechenmittel aufweist, die durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom mp_{fg} einen Partialdruck eines Frischgas-Anteils ps_{fg} im Saugrohr berechnet, die durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom mp_{ab} einen Partialdruck eines Abgas-Anteils ps_{ab} im Saugrohr berechnet, und die unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils ps_{fg} und des Partialdrucks des Abgas-Anteils ps_{ab} eine Frischgas-Füllung r_1 des Verbrennungsmotors ermittelt. Die Erfindung umfaßt insbesondere eine Vorrichtung, die ein Verfahren wie vorstehend beschrieben ausführt. Diese erfindungsgemäße Vorrichtung bietet alle Vorteile, die vorstehend bereits für das erfindungsgemäße Verfahren benannt wurden. Insbesondere bietet die Vorrichtung den Vorteil eines geringen Kraftstoffverbrauchs, eines umweltverträglichen Betriebes des Verbrennungsmotors sowie einer hohen Leistungsfähigkeit und einer langen Lebensdauer der Vorrichtung und des Verbrennungsmotors.

Die Lehre der Erfindung umfaßt auch ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung wie vorstehend beschrieben bzw. ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung, die ein Verfahren wie vorstehend beschrieben ausführen kann. Die vorstehend für die erfindungsgemäße Vorrichtung benannten Vorteile gelten für das Kraftfahrzeug entsprechend.

Die Lehre der Erfindung umfaßt auch einen Datenträger, der ein Steuerprogramm enthält zum Ausführen des vorstehend beschriebenen Verfahrens sowie einen Datenträger, der Parameter beinhaltet, die zum Ausführen eines solchen Verfahrens bzw. zum Steuern einer vorstehend beschriebenen Vorrichtung erforderlich oder vorteilhaft sind. Ein solcher Datenträger kann insbesondere in Form eines Speichermittels ausgeführt sein, wobei die Speicherung mechanisch, optisch, magnetisch, elektronisch oder auf sonstige Weise erfolgen kann. Insbesondere sind elektronische Speichermittel, wie beispielsweise ein ROM (Read Only Memory, Nur-Lese-Speicher), PROM, EPROM oder EEPROM einsetzbar, die in entsprechende Steuer-Vorrichtungen eingesetzt bzw. eingesteckt werden können.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

Ein Weg zum Ausführen der beanspruchten Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnungen im einzelnen erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Übersichtsbild der Systemanordnung;

Fig. 2 zeigt das Modell der Füllungserfassung;

Fig. 3 zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Saugmotor;

Fig. 4 zeigt die Frischgas-Massenströme im Saugrohr bei einem Turbomotor;

Fig. 5 zeigt den Abgasmassenstrom ins Saugrohr;

Fig. 6 zeigt die Berechnung der relativen Füllung.

Die **Fig. 1** zeigt ein Übersichtsbild der Systemanordnung. Die Umgebungsluft tritt auf der Eingangsseite unter dem Druck p_u und der Temperatur t_u in das Saugrohr **100** ein. Ein Heißfilm-Luftmassensensor **101** bestimmt den Gasmassenstrom mp_{hfm} an dieser Stelle des Saugrohrs. Nach dem Heißfilm-Luftmassensensor (HFM) folgt ein Turbolader **102**. Zwischen dem Turbolader **102** und der Drosselklappe **103** weist das Saugrohr **100** ein Volumen V_{LD} auf. In diesem Volumen herrscht ein Druck p_{ld} sowie eine Temperatur t_{ld} . Zwischen der Drosselklappe **103** und dem Einlaßventil **104** beträgt das Volumen des Saugrohrs V_S . An dieser Stelle herrscht ein Druck p_s sowie eine Temperatur t_s . Die in dem Bereich des Saugrohrs zwischen der Drosselklappe **103** und dem Einlaßventil **104** einströmende Gasmenge setzt sich zusammen aus dem Gasstrom mp_{dk} des Gasflusses über die Drosselklappe **103**, einem Gasstrom mp_{lls} eines Leerlaufstellers **105**, dem Gasfluß mp_{tev} eines Tankentlüftungsventils **106** sowie dem Gasstrom mp_{agr} eines Abgasrückführungsventils **107**. Aus diesem Bereich des Saugrohrs strömt das Gas bei Öffnung des Einlaßventils **104** in den Verbrennungsraum **108** des Zylinders **111**. Auf der Auslaßseite befindet sich zwischen einem Auslaßventil **109** und einem Abgaskatalysator **110** ein Bereich, in dem das Abgasrückführventil **107** angeschlossen ist und in dem ein Druck p_{ag} herrscht. Nach dem Katalysator **110** herrscht wiederum der Umgebungsdruck p_u . Das Tankentlüftungsventil **106** besitzt eine Verbindung zum Kraftstoffbehälter **112**.

Die **Fig. 2** zeigt das Modell der Füllungserfassung. Der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp_{fg_zu} wird über der Zeit integriert **201** und anschließend multipliziert **202** entsprechend der Gasgleichung, so daß der Frischgas-Partialdruck ps_{fg} berechnet wird. Entsprechend wird der zuströmende Abgas-Massenstrom mp_{ag_zu} integriert **203** und entsprechend der Gasgleichung multipliziert **204**, so daß der Abgas-Partialdruck ps_{ab} berechnet wird. Aus den beiden Partialdrücken für das Frischgas ps_{fg} und das Abgas ps_{ag} wird in der dargestellten Stellung des Schalters B_{fe_dss} der Druck im Saugrohr p_s durch Addition **205** berechnet. Parallel dazu wird aus der Drehzahl n und der Nockenwellenverstellung NWS ein Korrekturwert p_{iagr} berechnet **206**. Dieser Korrekturwert berücksichtigt die systeminhärente Abgasrückführung aufgrund der Ventilstellungen während des Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors. Der so ermittelte Korrekturwert p_{iagr} wird von dem Saugrohr-Druck p_s subtrahiert **207**. Der hieraus resultierende effektive Saugrohrdruck wird anschließend mit einem Faktor multipliziert **208**, wobei sich dieser Faktor aus der Pumpengleichung und einer em-

pirisch gewonnenen Funktion zusammensetzt, welche die Pulsationseffekte in Abhängigkeit der Drehzahl n und der Nockenwellenverstellung MWS zusammensetzt. Die Pumpengleichung berücksichtigt das Hubvolumen V_H , die Drehzahl n , die Gaskonstante R und die Temperatur im Saugrohr t_s . Als Ergebnis dieser Multiplikation **208** erhält man den Gesamtmassenstrom mp_ab in dem Zylinder. Parallel dazu wird aus dem Partialdruck des Frischgases ps_fg und dem Partialdruck des Abgases ps_ag ein Anteilfaktor c_agr berechnet **209**. Unter Verwendung dieses Anteilsfaktors c_agr wird aus dem abströmenden Gasmassenstrom mp_ab der abströmende Frischgas-Massenstrom mp_fg_ab berechnet **210** und der abströmende Abgas-Massenstrom mp_ag_ab **211** berechnet.

Für den Fall, daß der Saugrohrdruck ps meßtechnisch zur Verfügung steht, kann über die Bedingung B_fe_dss und den zugehörigen Schaltern anstelle des aus den Partialdrücken ps_fg und ps_ag berechneten Saugrohrdrucks der gemessene Saugrohrdruck ps_dss verwendet werden. Da in diesem Fall die stationäre Stabilität des Integrators aufgrund der unterbrochenen Rückkopplungen nicht automatisch gewährleistet ist, wird eine Ergänzung notwendig, wobei durch einen Vergleich des gerechneten Saugrohrdrucks mit dem gemessenen Saugrohrdruck eine sich ergebende Differenz als ein Fehler interpretiert wird und dieser über einen Integral-Regler auf den Rückkopplungszweig des abströmenden Frischgas-Massenstroms mp_fg_ab eingerechnet wird.

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der für die obige Funktion benötigten Eingangsgrößen, nämlich des Frischgas-Massenstroms ins Saugrohr mp_fg_zu sowie des Abgasmassenstroms ins Saugrohr mp_ag_zu basiert auf der aus der Literatur bekannten Drosselfunktion, die aus der Bernoulli-Gleichung für kompressible Medien abgeleitet ist. Gemäß dieser Drosselfunktion gilt:

$$mp = f(A) \times \sqrt{\left| \frac{TV_NORM \times pv}{tv \times PV_NORM} \times psi_n (pn/pv) \right|}$$

$$mp = mp_max \times ft \times fp \times psi_n$$

Diese Drosselfunktion bedeutet, daß sich der Luftmassenstrom mp über die Drosselstelle berechnet aus einer freien Querschnittsfläche $f(A)$ multipliziert mit einem Faktor ft für die Temperaturkompensation multipliziert mit einem Faktor fp für die Druckkompensation und multipliziert mit einer normierten Durchflußfunktion psi_n , welche den Einfluß einer über- und unterkritischen Strömungsgeschwindigkeit berücksichtigt. Der Druck pn nach der Drosselstelle ist dabei jeweils gleich dem Saugrohrdruck ps .

Auf der Frischgasseite muß zwischen Saugmotoren und aufgeladenen Motoren, sogenannten Turbomotoren, unterschieden werden. Gemeinsam ist dabei, daß für jedes Drosselorgan über eine Kennlinie ein Gasstrom ermittelt wird, der unter Normbedingungen in Bezug auf Druck und Temperatur vor der Drossel über die betrachtete Drossel fließt.

Die **Fig. 3** zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Saugmotor. Zunächst besteht die Möglichkeit, wie in der **Fig. 3** gemäß der Schalterstellung B_fe_wdk auch dargestellt, daß der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp_fg_zu direkt mittels eines Heißfilm-Luftmassensensors HFM gemessen wird mp_hfm . Einen Einfluß hat in der dargestellten Schalterstellung dann lediglich noch die Tankentlüftung ta_te , wobei dieser Einfluß über eine Drosselfunktion **301** in einen Gasmassenfluß mp_tev_max umgerechnet wird, und anschließend mit den Gewichtungsfaktoren der Umgebungstemperatur ftu , dem Umgebungsdruck fpu und der normierten Durchflußfunktion psi_n **304** gewichtet wird. Wird der Schalter B_fe_wdk umgelegt, berechnet sich der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp_fg_zu wie folgt: Die Drosselklappen-Stellung wdk wird über eine Drosselfunktion **302** in einen maximalen Fluß über die Drosselklappe mp_dk_max umgerechnet; ebenso wird der Fluß über einen ggf. vorhandenen Leerlaufsteller über eine Drosselfunktion **303** in einen maximalen Gasfluß über den Leerlaufsteller mp_lls_max umgerechnet. Die beiden maximalen Gasflüsse werden addiert und anschließend zu dem maximalen Gasfluß über das Tankentlüftungsventil mp_tev_max addiert. Anschließend wird der derart aufsummierte Gasmassenstrom mit den Gewichtungsfaktoren der Temperatur ftu , des Drucks fpu und der normierten Durchflußfunktion psi_n gewichtet. Am Ende dieser Berechnungen resultiert ein zuströmender Frischgas-Massenstrom mp_fg_zu .

Die **Fig. 4** zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Turbomotor. Im Unterschied zur **Fig. 3** kommt hierbei als zusätzliches dynamisches System das Volumen zwischen dem Lader und der Drosselklappe mit der Zustandsgröße Ladedruck pld hinzu. Für dieses Volumen kann ebenfalls über eine Bilanzgleichung eine Differentialgleichung für den Druck im Volumen, hier den Ladedruck, hergeleitet werden. Die Drosselfunktion kann ebenfalls wieder angewendet werden, nun allerdings unter Berücksichtigung der veränderten Situation in Bezug auf den Druck vor der Drosselklappe, für den der Ladedruck anstelle des Umgebungsdruckes anzusetzen ist. Als weiter signifikanter Unterschied fällt auf, daß mit der Konfiguration nach **Fig. 4** aus dem errechneten Gasmassenstrom $mp_dk + mp_lls$ und dem Signal des Heißfilm-Luftmassensensors mp_hfm durch entsprechende Differenzbildung **401** und nachgeschaltete Integration über der Zeit **402** und Gewichtung entsprechend der Gasgleichung **403** der Ladedruck pld ermittelt werden kann. Als wesentliches Ergebnis steht allerdings auch bei der in der **Fig. 4** dargestellten Konfiguration am Ausgang der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp_fg_zu als Ausgangssignal zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Die **Fig. 5** zeigt den Abgas-Massenstrom in das Saugrohr. Der Abgasmassenstrom mp_ag_zu wird aus dem Signal des Abgas-Rückstromventils ta_agr über eine Drosselfunktion **501** in einen maximalen Massenstrom über das Abgasventil mp_ag_max umgewandelt und anschließend mit den entsprechenden Gewichtungsfaktoren für die Temperatur $ftag$, den Druck fpg und die normierte Strömungsfunktion psi_n gewichtet. Für die Bestimmung der Temperatur des zuströmenden Abgases tag_zu dient ein einfaches Modell, welches den Wärmeübergang an der Wand des Verbindungsrohres zum Saugrohr berücksichtigt. Zunächst wird die Temperatur tag des Abgases mittels dem abströmenden Frischgas-Massenstrom mp_fg_ab über die Drosselfunktion **502** ermittelt. Eine anschließende Differenzbildung **507** unter Verwendung der Umgebungstemperatur tu führt zu einem Differenzwert tag_tu . Dieser Differenzwert wird mit dem mit der Funktion **503** bewerteten zuströmenden Abgas-Massenstrom mp_ag_zu gewichtet **503** und anschließend von der Temperatur des Ab-

gases tag subtrahiert **504**. Der sich daraufhin einstellende Wert wird abschließend mit einer Funktion **506** bewertet und es resultiert eine Temperatur des zuströmenden Abgases tag_zu.

Die **Fig. 6** zeigt die Berechnung der relativen Gasfüllung r1 aus dem abströmenden Frischgas-Massenstrom mp_fg_ab. Der abströmende Frischgas-Massenstrom mp_fg_ab wird durch die Motorendrehzahl nmot dividiert **601** und anschließend mit einem Faktor multipliziert **602**, wobei der Faktor die Luftmasse MLTHZ in einem Zylinder unter Normbedingungen ($T=273$ Grad Kelvin, $p = 1013$ mbar) sowie die Anzahl der aktiven Zylinder ZYLZA des Motors berücksichtigt. Aus dieser Berechnung resultiert die relative Füllung r1 eines Zylinders mit einer Frischgasmasse.

Abkürzungen

- 10 B_fe_wdk Schalter, Schaltsignal
- c_agr Anteilsfaktor Frischgas/Abgas
- f(A) freie Querschnittsfläche einer Drosselstelle
- fp Faktor Druckkompensation
- 15 fpag Gewichtungsfaktor Abgas-Druck
- fpu Gewichtungsfaktor Umgebungsdruck
- fpld Gewichtungsfaktor Lader-Druck
- ft Faktor Temperaturkompensation
- ftag Gewichtungsfaktor Abgas-Temperatur
- 20 ftu Gewichtungsfaktor Umgebungstemperatur
- ftld Gewichtungsfaktor Lader-Temperatur
- K Berechnungskonstante
- m (Mol-)Masse des Gases
- m_ag Masse Abgas
- 25 m_fg Masse Frischgas
- mp Luftmassenstrom über eine Drosselstelle
- mp_ab aus dem Saugrohr abströmender Gasmassenstrom
- mp_ag Abgas-Massenstrom
- mp_ag_ab abströmender Abgas-Massenstrom
- 30 mp_ag_max maximal-zuströmender Abgas-Massenstrom
- mp_ag_zu zuströmender Abgas-Massenstrom
- mp_agr Gasfluß über ein Abgas-Rückführventil
- mp_dk_max maximaler Fluß über die Drosselklappe
- mp_fg Frischgas-Massenstrom
- 35 mp_fg_ab abströmender Frischgas-Massenstrom
- mp_fg_zu zuströmender Frischgas-Massenstrom
- mp_hfm Luftmassenstrom, vom Heißfilm-Sensor gemessen
- mp_lls Gasfluß über einen Leerlaufsteller
- mp_lls_max maximaler Gasfluß über einen Leerlaufsteller
- 40 mp_max maximaler Luftmassenstrom über eine Drosselstelle
- mp_tev Gasfluß über ein Tank-Entlüftungsventil
- mp_tev_max maximaler Gasfluß über ein Tank-Entlüftungsventil
- MLTHZ Luftmasse in einem Zylinder bei Normbedingungen
- n, nmot Drehzahl
- 45 NWS Nockenwellenverstellung
- p Druck
- p_iagr Korrekturwert der internen Abgasrückführung
- pld Ladedruck
- pn Druck nach der Drosselstelle
- 50 ps Druck im Saugrohr
- ps_ab Partialdruck-Abgas
- ps_fg Partialdruck-Frischgas
- psi_n normierte Durchflußfunktion ($0 < \text{psi}_n < 1$)
- pv Druck vor der Drosselstelle
- 55 PV_NORM Bezugsgröße
- r1 relative Füllung
- R Gaskonstante
- tld Temperatur Lader
- T Temperatur
- 60 TS, ts Temperatur Saugrohr
- tv Temperatur vor der Drosselklappe
- TV_NORM Bezugsgröße
- V Volumen
- VH Hub- Volumen
- 65 VLD Volumen Lader
- VS Volumen Saugrohr
- wdk Drosselklappen-Stellung
- ZYLZA Anzahl der aktiven Zylinder.

1. Verfahren zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei sich in dem Saugrohr ein Gasgemisch aus einem Frischgas (fg) und einem Abgas (ag) befindet, wobei aus dem Saugrohr ein Gasmassenstrom (mp_ab) abströmt und wobei in dem Saugrohr ein Saugrohr-Druck (ps) herrscht, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
 - Ermitteln eines Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps_fg) an dem Gasmassenstrom (mp_ab) durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom (mp_fg), und
 - Ermitteln eines Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps_ag) an dem Gasmassenstrom (mp_ab) durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom (mp_ag).
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Berechnen des Saugrohr-Drucks (ps) aus der Summe des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps_fg) und des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps_ag).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch Ermitteln des Saugrohr-Drucks (ps) unter Verwendung eines Meßwertaufnehmers.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch Ermitteln des Gasmassenstroms (mp_ab) aus dem Saugrohr-Druck (ps).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch Berechnen eines aus dem Saugrohr abströmenden Frischgas-Anteils (mp_fg_ab) an dem Gasmassenstrom (mp_ab) unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps_fg), des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps_ag) und des Gasmassenstroms (mp_ab).
6. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch Berechnen einer Frischgas-Füllung (r1) des Verbrennungsmotors unter Verwendung des Frischgas-Anteils (mp_fg_ab) sowie permanenter (MLTHZ) und transienter (nmot, ZYLZA) Motordaten.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch Verwendung einer aus der BERNOULLI-Gleichung abgeleiteten Funktion für die Berechnung eines Gasmassenstroms über eine Drossel, wobei der Druck nach der Drossel dem Saugrohr-Druck (ps) entspricht.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Berücksichtigen von Gasflüssen über einen Leerlaufsteller (mp_lls), ein Tank-Entlüftungsventil (mp_tev) und ein Abgas-Rückführventil (mp_agr) bei der Bestimmung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Berücksichtigen eines Ladedrucks (pld) bei der Bestimmung der Gasfüllung eines aufgeladenen Verbrennungsmotors.
10. Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei die Vorrichtung Meßwertaufnehmer und elektronische Rechenmittel aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom (mp_fg) einen Partialdruck eines Frischgas-Anteils (ps_fg) im Saugrohr berechnet, durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom (mp_ab) einen Partialdruck eines Abgas-Anteils (ps_ab) im Saugrohr berechnet, und unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps_fg) und des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps_ab) eine Frischgas-Füllung (r1) des Verbrennungsmotors ermittelt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt.
12. Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11.
13. Datenträger, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenträger ein Steuerprogramm zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 beinhaltet.
14. Datenträger, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenträger Parameter (MLTHZ) beinhaltet, die zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erforderlich oder vorteilhaft sind.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

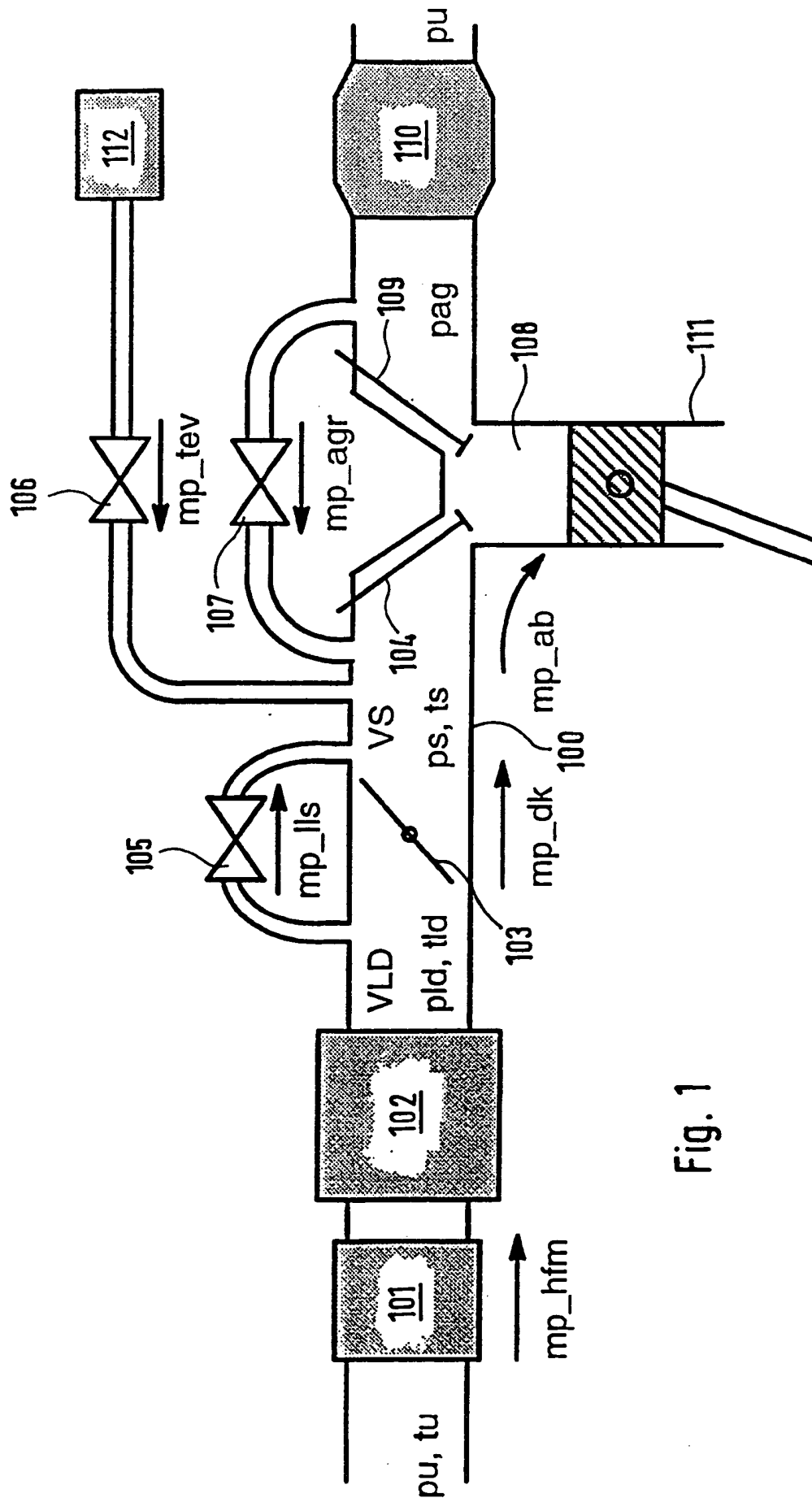


Fig. 1

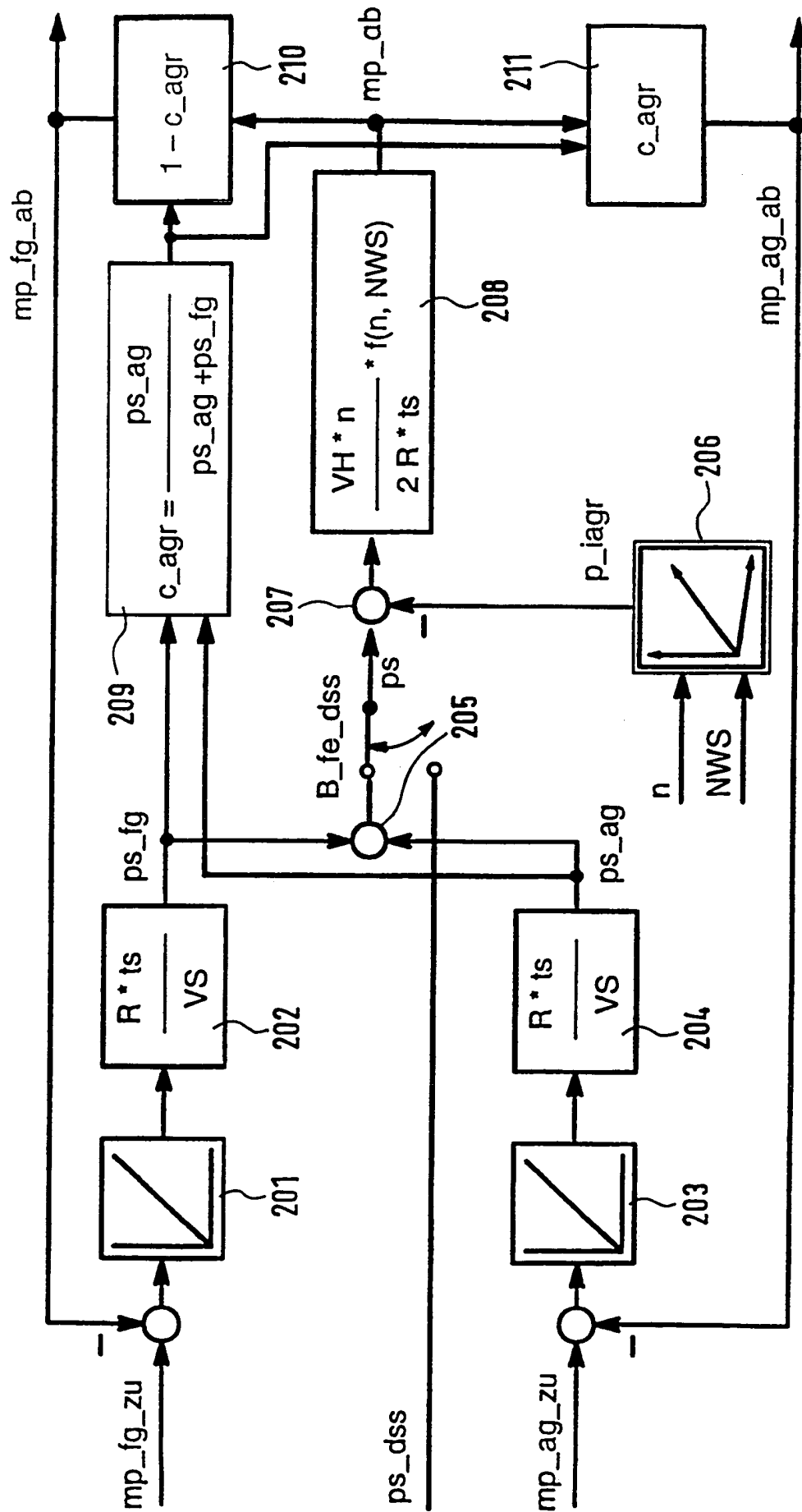


Fig. 2

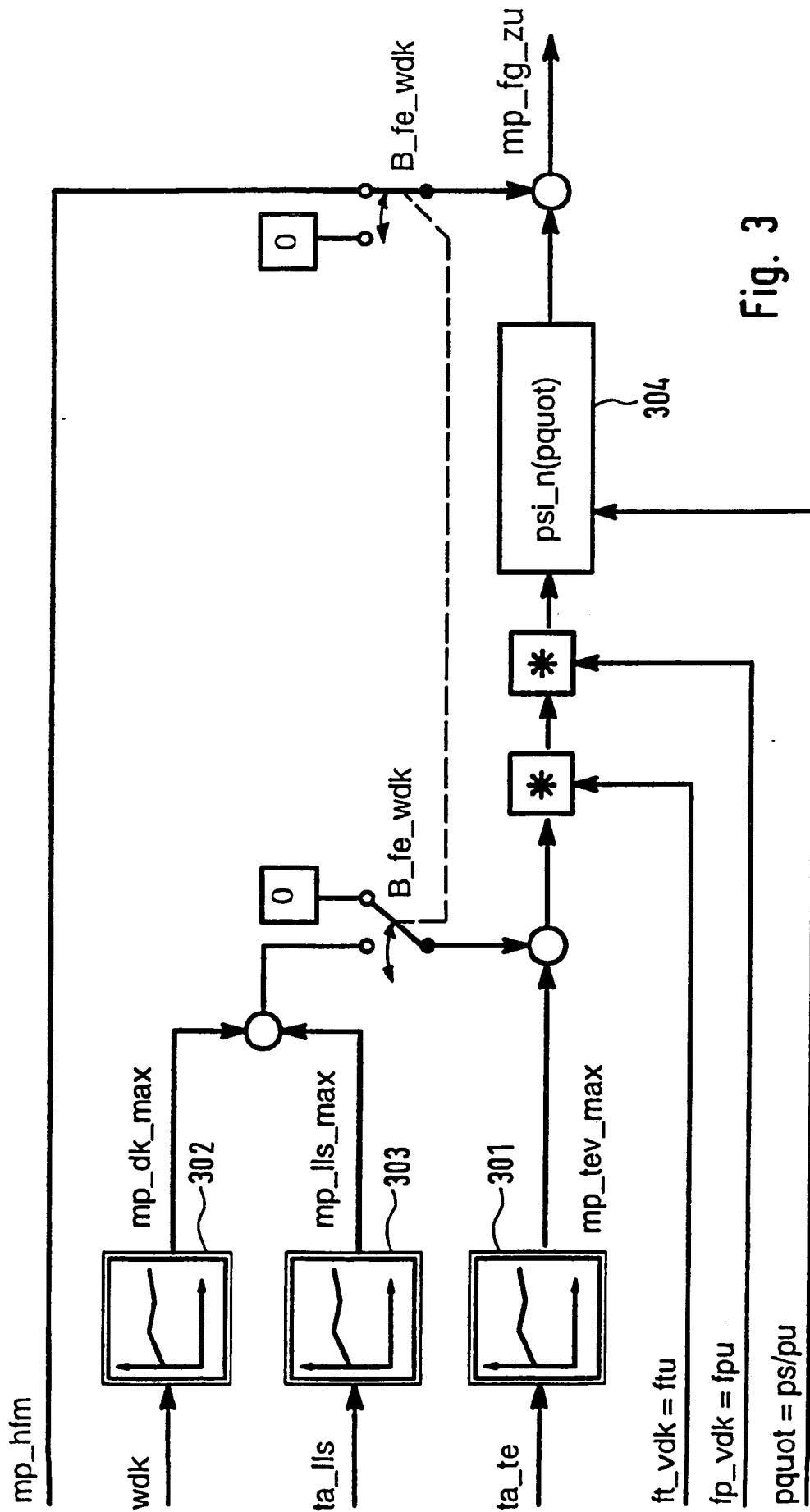


Fig. 3

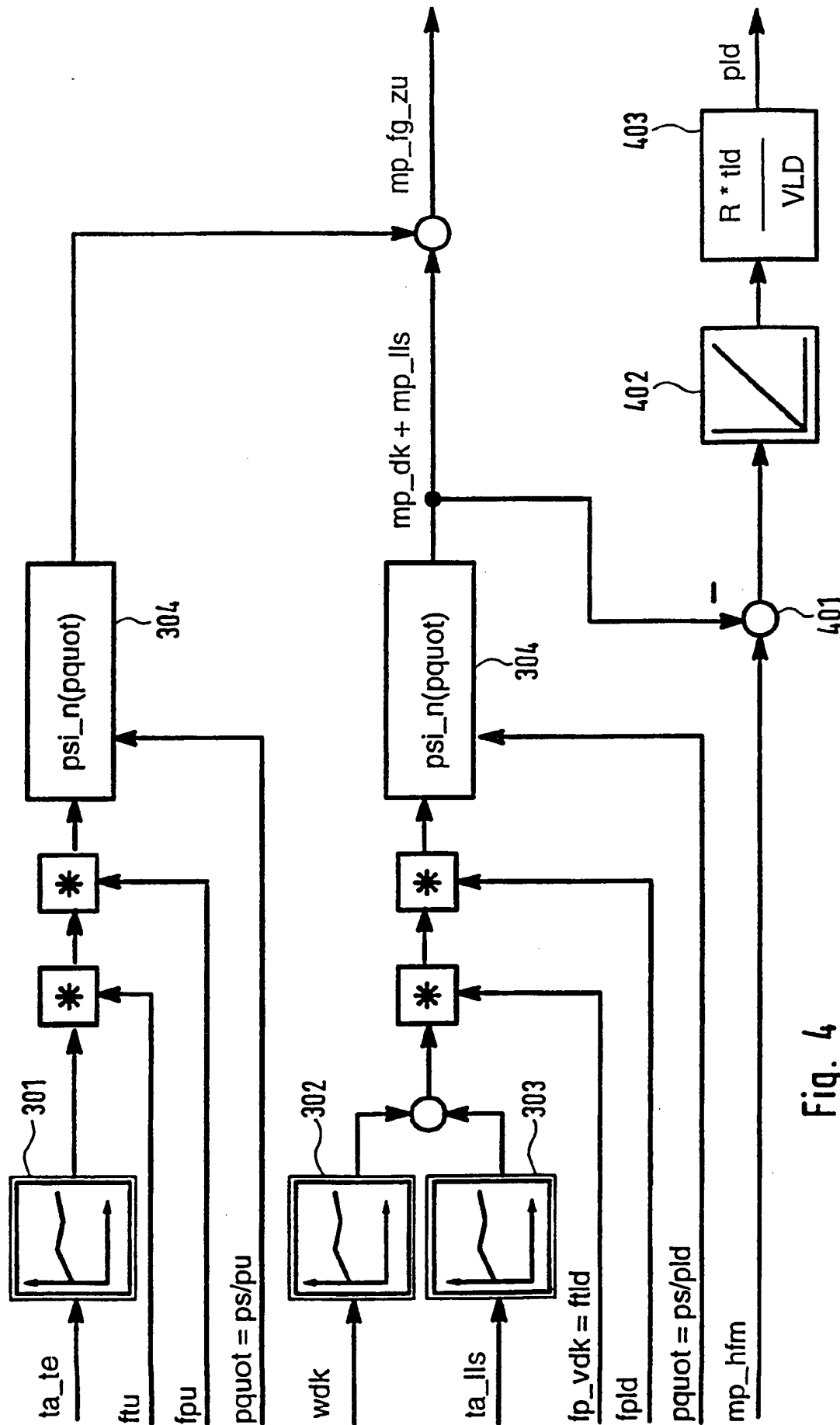


Fig. 4

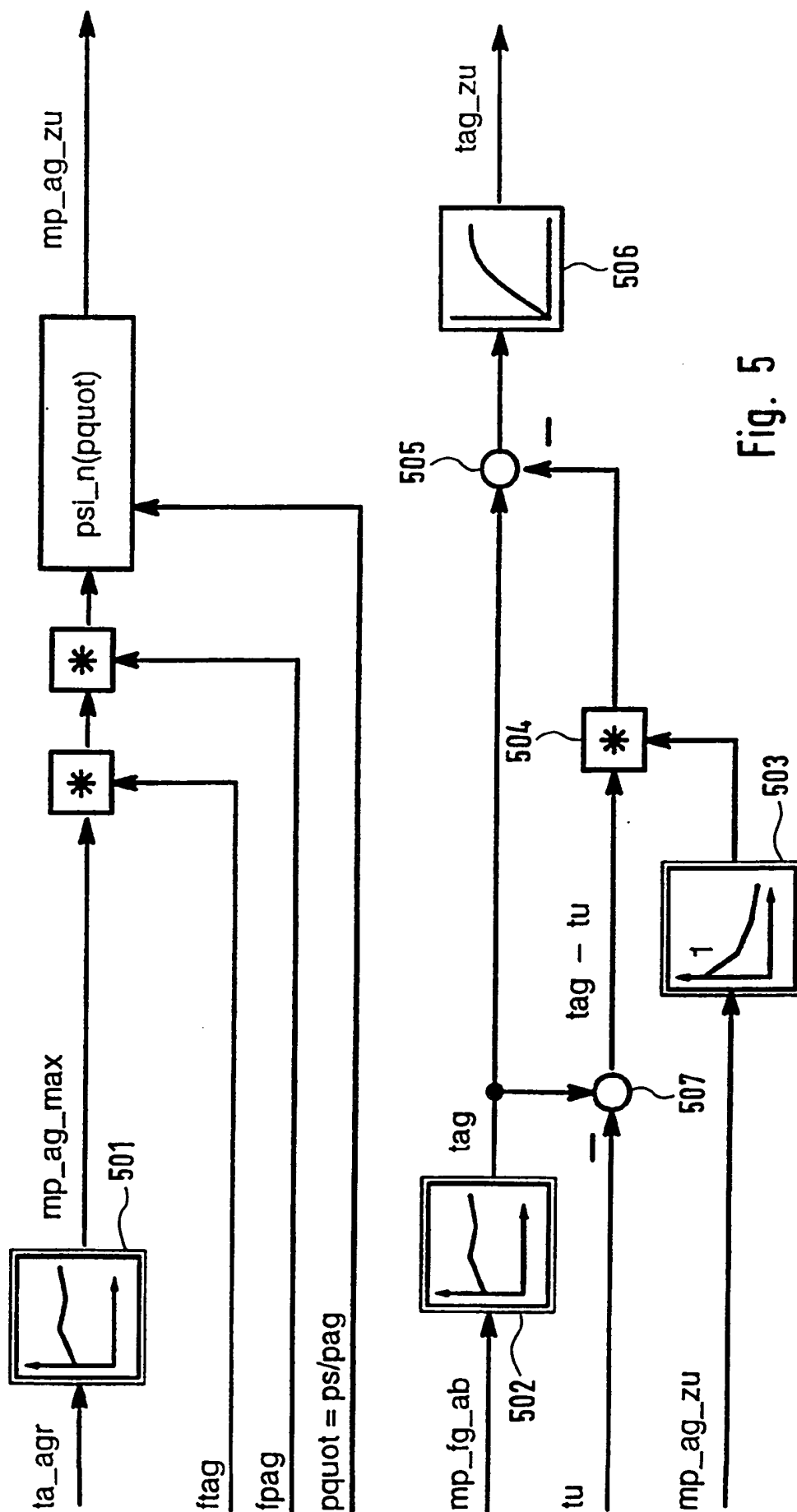


Fig. 5

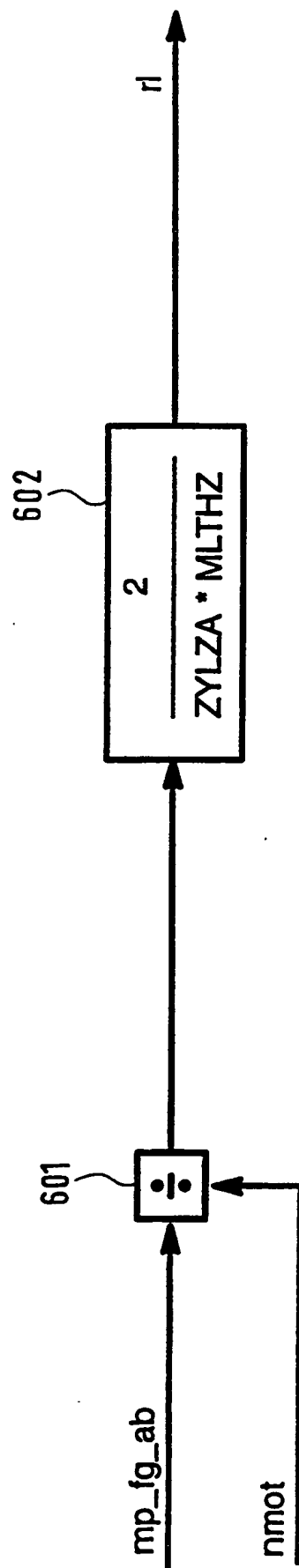


Fig. 6